

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6272293号
(P6272293)

(45) 発行日 平成30年1月31日 (2018. 1. 31)

(24) 登録日 平成30年1月12日 (2018. 1. 12)

(51) Int. Cl.

F I

H O 2 K 41/03 (2006. 01)

H O 2 K 41/03 A

H O 2 K 1/27 (2006. 01)

H O 2 K 1/27 5 O 1 Z

H O 2 K 7/116 (2006. 01)

H O 2 K 1/27 5 O 1 A

H O 2 P 6/16 (2016. 01)

H O 2 K 1/27 5 O 1 M

H O 2 K 7/116

請求項の数 13 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-501049 (P2015-501049)
 (86) (22) 出願日 平成25年3月19日 (2013. 3. 19)
 (65) 公表番号 特表2015-515846 (P2015-515846A)
 (43) 公表日 平成27年5月28日 (2015. 5. 28)
 (86) 国際出願番号 PCT/IL2013/050253
 (87) 国際公開番号 W02013/140400
 (87) 国際公開日 平成25年9月26日 (2013. 9. 26)
 審査請求日 平成28年3月22日 (2016. 3. 22)
 (31) 優先権主張番号 218743
 (32) 優先日 平成24年3月20日 (2012. 3. 20)
 (33) 優先権主張国 イスラエル (IL)

(73) 特許権者 514238803
 ヴェステック ホールディングス リミテ
 ッド
 イギリス国 エヌ16 9ジェイユー ロ
 ンドン、アルビオン ロード 149
 (74) 代理人 110000855
 特許業務法人浅村特許事務所
 (72) 発明者 シュラケーツキ、ヴィクター
 イスラエル国、アシュケロン、トヴェリア
 ストリート 4/88
 (72) 発明者 モストヴォイ、アレクザンダー
 イスラエル国、アシュケロン、アセレット
 ハシュヴァティム ストリート 2/3

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ブラシレスDC電動機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転子の角速度に無関係に実質的に一定のトルクを発生することが可能なブラシレスDC電動機であって、

a) 円周方向に間隔が空けられた複数の永久磁石と、高透磁率材料で作られた複数のスペーサとを備える連続円形回転子において、前記スペーサの各々は、軸方向の磁束変化を減少するために2つの前記永久磁石の間に配置される、連続円形回転子と、

b) 静止ソレノイド・ハウジングと、前記ソレノイド・ハウジングの周りに巻かれて、DC電源に接続される、コイルとを各々備える、複数の円周方向に間隔が空けられたソレノイドにおいて、前記ソレノイド・ハウジングが、前記回転子とその軸周りで回転するとき各々の前記複数の磁石と前記スペーサの各々が、が連続的に通過することができる空隙部分と共に構築され、前記ソレノイドに対する前記磁石の運動が、ソレノイドの軸の方向に準線形である、ソレノイドと、

を備え、

軸方向の磁束の変化をさらに減少するために、どんな所定の時間であっても前記複数のソレノイドの各々が、前記永久磁石の1つのみと相互作用することを確実にするように、前記複数の永久磁石の数と前記複数のソレノイドの数との間の差がわずかに1である、ブラシレスDC電動機。

【請求項 2】

ソレノイドの数が永久磁石の数に等しい、請求項1に記載のブラシレスDC電動機。

【請求項 3】

ソレノイドの数が永久磁石の数より多い、又は少ない、請求項 1 に記載のブラシレス DC 電動機。

【請求項 4】

前記ソレノイドに対する前記永久磁石の位置を決定するのに適した 1 つ又は複数のセンサをさらに備える、請求項 1 に記載のブラシレス DC 電動機。

【請求項 5】

どんな所定の瞬間であっても前記ソレノイドの各々に印加される電圧の極性及びレベルを設定するための DC 電源に接続される複数のスイッチと、前記ソレノイドを制御して、電力を供給し、前記ソレノイドに対する前記磁石の位置に関する 1 つ又は複数の前記センサによる決定に応答して、どんな所定の瞬間であっても前記ソレノイドの各々に印加される電圧の極性及びレベルを変化させるコントローラと、をさらに備える、請求項 4 に記載のブラシレス DC 電動機。

10

【請求項 6】

前記回転子は、1 つ又は複数の構造化リング要素をさらに備える、請求項 1 に記載のブラシレス DC 電動機。

【請求項 7】

前記回転子が動力伝達手段に機械的に接続される、請求項 6 に記載のブラシレス DC 電動機。

【請求項 8】

前記動力伝達手段が歯付き要素を備える、請求項 7 に記載のブラシレス DC 電動機。

20

【請求項 9】

前記スペーサの各々の円周方向の長さは、前記永久磁石の各々の円周方向の長さの少なくとも 2 倍長い、請求項 1 に記載のブラシレス DC 電動機。

【請求項 10】

前記回転子は環状である、請求項 1 に記載のブラシレス DC 電動機。

【請求項 11】

前記ソレノイドの各々の円周方向の大きさは、前記永久磁石の各々の円周方向の大きさと略等しい、請求項 1 に記載のブラシレス DC 電動機。

【請求項 12】

複数の永久磁石を複数のソレノイドに対して、前記ソレノイドの軸の方向に準線形運動で移動させるステップを含み、前記複数の永久磁石の数と前記複数のソレノイドの数との間の差がわずかに 1 であり、前記複数のソレノイドに、前記ソレノイドの各々が、どんな所定の時間であっても前記永久磁石の 1 つのみと相互作用することを確実にする間、前記複数のソレノイドに連続的に電力を供給するブラシレス DC 電動機を動作させるための方法。

30

【請求項 13】

ブラシレス DC 電動機を動作させるための方法であって、

a) 連続円形構造上で、円周上に間隔が空いた複数の永久磁石と、各々のスペーサが 2 つの前記永久磁石の間に配置されるような高透磁率材料で作られた複数のスペーサとを提供するステップと、

40

b) 静止ソレノイド・ハウジングと前記静止ソレノイド・ハウジングの周りに巻かれて、DC 電源に接続されるコイルとを各々備える、円周上に間隔が空いた複数のソレノイドを提供するステップであって、前記ソレノイド・ハウジングが、前記円形構造がその軸周りで回転するとき前記複数の磁石と前記複数のソレノイドとが通過することができる、空隙部分とともに構築される、ステップと、

c) 一定レベルのトルクを生成するために、第 1 の時間で、前記複数のソレノイドに DC 電圧の極性及び第 1 のレベルを連続的に印加することにより前記円形構造を回転させるステップと、

d) 前記円形構造が回転続ける間、前記第 1 の時間に対して増加された角速度で前記回

50

転構造を回転させるための第2の時間で、前記複数のソレノイドに前記第1のレベルよりも大きいDC電圧の極性及び第2のレベルを連続的に印加するステップであるが、前記複数の磁石の一つとそれに隣接するスペースとが相互作用する結果、前記ソレノイドの各々を通る実質的に一定の磁束のおかげで、前記第1の時間で生成されたトルクと実質的に等しいトルクのレベルを生成する、ステップと、

を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ブラシレスDC電動機(BLDC: Brushless DC)に関する。

10

【背景技術】

【0002】

その最も単純な概念的形態(図1に示されている)では、BLDC電動機は、回転子軸の周りに互いに120°で位置決めされたソレノイド巻線2からなる少なくとも3つの固定電磁石(固定子)の配置によって取り囲まれたその対称軸周りで自由に回転する永久磁石1(回転子)からなっている。各ソレノイドは、スイッチ制御アルゴリズムによって決定されるタイミング及び極性で動作する一組の電子スイッチ3によって各ソレノイドに直流(DC: Direct Current)電圧を印加することによって電力が供給される。

【0003】

20

電磁石に適切なタイミング及び極性で電力が供給されると、それらは、回転子磁石1のS-N軸方向に対して適切な強度及び方向の磁界を生成し、この磁界によって永久磁石にトルクが生成され、それにより回転子を回転させる。アルゴリズムは、任意の所与の瞬間に、回転子の実際の角位置に従って必要なスイッチの動作シーケンスを決定し、前記位置は、通常、ホール・タイプのセンサである、回転子の磁界を感知する1つ又は複数のセンサ(図に数表示4で示されている)によって決定される。ハウジング5に収納されている電動機の動作は、コントローラ6によって制御される。

【0004】

図1の単純な概念的形態では、回転子の回転を維持することができる任意の方向の回転磁界を生成するために一度に2つの磁石に適切に電力を供給するだけで十分である。実際には、連続する滑らかなトルク値を得るために、BLDC電動機は、固定子のための多くの巻線、及び回転子のための交互N-S極を備えたいくつかの磁石を使用して実装されている。

30

【0005】

当分野で知られている2つの基本BLDC電動機構造が存在しており、1つは、固定子巻線が回転子を取り囲み、且つ、電動機のハウジングに取り付けられる内部回転子構造(図2a)であり、もう1つは、固定子ソレノイドが電動機の磁心の中に取り付けられ、且つ、回転子磁石によって取り囲まれる外部回転子構造(図2b)である。従来技術による実装態様では、BLDC電動機は、供給電圧が一定の場合、電動機速度が速くなると、電動機が提供することができるトルクが小さくなる、という欠点を抱えている。この望ましくない効果は、逆起電力(EMF: Electromotive Force)電圧として知られている寄生電圧の生成によるものである。

40

【0006】

逆EMFは、固定子のソレノイドと、回転子の永久磁石によって生成される磁界との間に相対運動が存在するために、発電機の動作とほとんど同じ方法で固定子中に生成される電圧である。永久磁石によって生成される磁界線は回転子と共に回転する。したがって電力が供給されたソレノイドのそれぞれの横断面積に入る磁界線の投影(ソレノイド軸の方向における)は時間と共に変化する。磁界線のこの投影は、ソレノイドを通る「磁束」と呼ばれる量になる。レンツの誘導の法則によれば、磁束が変化するとソレノイド中に誘導電圧が生成される(この点に関して、電動機は発電機のように作用する)。この誘導電圧

50

の値は、磁束が変化する割合に比例して大きくなり、したがってこの誘導電圧の値は、電動機の回転速度が速くなるにつれて大きくなり、また、その極性は、電源によって外部から印加される元の電圧の極性とは逆である。その結果固定子の電力が供給された各ソレノイドに印加された総実効電圧は、回転子の角速度が速くなるにつれて小さくなる（総電圧は、外部定供給電圧に等しく、誘起される逆EMFより小さい）。印加される総電圧が小さくなるため、固定子のソレノイドを通して流れる電流が過度に小さくなり、結果として延いては電動機によって提供されるトルクが小さくなる。したがって電動機がもたらすことができる最大トルクは、回転速度が速くなるにつれて降下する。高速時におけるトルクをもう一度大きくするためには、供給電圧を大きくしなければならないが、これは、多くの場合行うことができない。

10

【0007】

逆EMF生成のもう1つの不都合な副作用は、供給電圧が一定の場合、その場合は逆EMFがより小さく、また、ソレノイドに印加される総電圧がより高いため、回転速度が遅くなるにつれてソレノイドを通して流れる電流が大きくなることである。したがって電動機は、（運動が存在せず、したがって磁束変化も、逆EMFも存在しない）始動時に最大電流を駆動する。供給電圧は、最終速度時にソレノイドに印加される総電圧より著しく高いため、運動開始時は、電流のピークが定常動作電流より著しく大きくなる。このような望ましくない過電流ピークは、ソレノイドが損傷し、又は電源過負荷の原因になることさえあり、また、場合によっては保護デバイスを追加することによって、又は電流処理能力の過剰設計によって過電流ピークを処理しなければならないこともある。

20

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0008】

一態様では、本発明は、円形構造上で互いに一定の距離で位置決めされた複数の磁石と、静止ソレノイド・ハウジングの周りにそれぞれ設けられた複数のソレノイドとを備えたブラシレスDC電動機に関し、前記ソレノイド・ハウジングは、前記複数の磁石を備える円形構造がその軸周りで回転するとき前記複数の磁石が通過することができる空隙部分を使用して構築されている。ソレノイドに対する磁石の運動は、ソレノイドの軸の方向に準線形である。「準線形」という用語は、磁石がソレノイドのハウジングに入ると、その運動がソレノイドの軸に対してほぼ線形になることを示している。磁石は円形経路上に位置決めされるため、当然、その運動は完全な線形ではあり得ず、したがって「準線形」という用語が採用されている。隣接する永久磁石の間にスペーサが設けられる場合、それらは高透磁率材料で構築しなければならない。

30

【0009】

当業者には明らかであるように、電動機の特定のセットアップに応じて異なる数の永久磁石及び異なる数のソレノイドを設けることも可能である。本発明の一実施例によれば、ソレノイドの数は永久磁石の数に等しく、また、本発明の別の実施例によれば、ソレノイドの数は永久磁石の数より多くすることも、或いは少なくすることも可能である。

【0010】

本発明のブラシレス電動機は、ソレノイドに対する永久磁石の位置を決定するのに適した1つ又は複数のセンサを備えていなければならない。ソレノイドに対する磁石の位置に関する1つ又は複数のセンサによる決定に応答して、ソレノイドへの電流の供給を許容するのに適したコントローラをさらに設けなければならない。

40

【0011】

本発明の一実施例では、永久磁石及びそれらの間に置かれる高透磁率材料は、単独で、又は1つ又は複数の構造化リングと共に、例えば歯付き要素によって動力伝達手段に機械的に接続される電動機の回転子を形成する。

【0012】

別の態様では、本発明は、複数の磁石を複数のソレノイドに対して、ソレノイドの軸の方向に準線形運動で移動させるステップを含む、ブラシレスDC電動機を動作させるため

50

の方法に關している。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】従来技術による電動機を概略的に示す図である。

【図 2 (a)】ブラシレス電動機のための従来技術による構造を示す図である。

【図 2 (b)】ブラシレス電動機のための従来技術による構造を示す図である。

【図 3】本発明の一実施例による電動機の構造を概略的に示す図である。

【図 4】2つの隣接する永久磁石によって生成される磁界を示す図である。

【図 5】本発明の一実施例による回転子を概略的に示す図である。

【図 6】組み立てられた状態の本発明の一実施例による電動機を示す図である。

10

【図 7】図 6 の電動機の上面図である。

【図 8】図 6 の電動機の側面図である。

【図 9】図 6 の電動機の運動を示す図である。

【図 1 0】図 6 の電動機の中で図 5 の回転子に結合されるリング要素を示す図である。

【図 1 1】図 6 の電動機の分解図である。

【図 1 2 (a)】図 6 の中央部分を示した図である。

【図 1 2 (b)】図 6 の電動機の中央部分 (a) の横断面図である。

【図 1 2 (c)】図 6 の電動機の中央部分 (a) の横断面図である。

【図 1 3】図 1 0 の底部リング上の図 5 の回転子の永久磁石の接続を示す図である。

【図 1 4】回転子アセンブリ上に収納されたソレノイドのアセンブリを示す図である。

20

【図 1 5】代替回転子構造を示す図である。

【図 1 6】E M F を最小化するための、ソレノイドの内部の磁石の極の位置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

本発明は、逆 E M F レベルの著しい低減につながり、したがって回転子の角速度に無関係に一定のトルク値を提供することができる電動機をもたらし新規なタイプの B L D C 電動機構造に關している。逆 E M F の低減に伴う副次的な利点として、総印加電圧がほぼ一定になり、したがって始動時における過電流ピークが生じない。

【 0 0 1 5 】

30

従来技術による B L D C における逆 E M F の生成の原因は、固定子のソレノイドを介した磁束の変化によるものである。この磁束変化は、ソレノイドの磁心中に存在する磁界強度の変化 (回転子の磁石がソレノイドに接近するか、又はソレノイドから遠ざかる方向に移動する際の)、並びにソレノイドの軸に対する磁界線の方向の変化 (ソレノイドの軸に対して平行のソレノイドの磁心を交差する磁界の成分の変化は、ソレノイドを介した磁束の変化をもたらし) の両方をもたらし回転子の急回転によるものである。回転子の磁石が円運動をしている間、磁石とソレノイドの間の距離の変化、及びソレノイド軸に対する磁界線の方向の変化の両方が存在し、それらの変化は、いずれもソレノイドを介した磁束の変化をもたらし。本発明の構造主題によれば、上で言及した磁束変化を小さくすることによって逆 E M F 効果が低減される。

40

【 0 0 1 6 】

図 3 は、本発明による電動機が動作する原理を説明するために、本発明の実施例による電動機構造を概略的に示したものである。固定子構造は、電動機ハウジングに取り付けられたいくつかの空心ソレノイド 3 2 からなっており、その対称軸は円形経路 3 5 に沿って整列している。基本回転子構造は、いくつかの永久磁石 3 1 からなっており、その S - N 軸は、固定子の円形経路と同じ円形経路に沿って、交互極性で整列している。磁石は、図 5 に示されている連続円形リングを形成するために高透磁率材料を使用して互いに接続するか、又は円形の平らな基礎 3 5 の上に取り付け、且つ、それらの間の空間を図 3 に示されているように空気に開放することができる。磁石の数は、ソレノイドの数より多くすることも、同じ数にすることも、或いは少なくすることも可能である。

50

【 0 0 1 7 】

回転子は、回転する機械式軸受（図示せず）によって支えられており、図 6 に示されているように固定子のソレノイドの磁心の中を通過している間、その円形形状の中心の周りに自由に回転する。ソレノイドは、スイッチ 33 のシステムを介して DC 電源に電気接続されており、このスイッチ 33 は、それには限定されないが、固定子中の各ソレノイドに印加される電圧の極性及びレベルを各瞬間に決定する電子タイプのスイッチであることが好ましい。これらのスイッチは、各ソレノイドに印加される DC の極性（例えば各ソレノイドへの DC 接続を反転することによって）、並びに平均 DC レベル（例えばパルス幅変調（PWM：Pulse Width Modulation）を使用して DC 供給電圧を印加することによって）を各瞬間に決定する関連ソフトウェアを備えたマイクロコントローラ 36 であることが好ましい装置によって制御される。各瞬間における回転子の角位置は、センサ 34（例えば光センサ又はホール効果センサ）のシステムによって検出される。センサ出力は、回転子の状態（つまり角位置、速度及び加速度）に応じてスイッチを動作させるコントローラに供給される。

10

【 0 0 1 8 】

固定子のソレノイドに電力が供給されると、回転子の近傍の磁石が固定子の円形経路に沿って移動する。磁石は、前記ソレノイドに結合された、巻線を流れる電流の方向を決定するスイッチの極性に応じて、また、磁石の配向（N - N 又は S - S）に応じてソレノイド磁心に向かって引き込まれるか、或いはソレノイド磁心から押し出されるかのいずれかである。引き続いてコントローラによって、センサによって検出された回転子の角位置に基づいて毎回前記スイッチの状態が決定される。スイッチの総合システムの適切な同時動作シーケンスの下に、いずれの急回転方向においても、回転子の連続する滑らかな回転を得ることができる。次に、図 6 に示されているように、回転子リングに結合された機械式歯車 63 によって回転子の運動が負荷に伝達される。

20

【 0 0 1 9 】

何らかの特定の理論に拘束されることを望むことなく、本発明者らは、本発明の新規な電動機構造の結果として逆 EMF の低減をもたらす可能な機構は、以下のように説明することができることを信じている。図 3 及び以上の説明から容易に理解することができるように、ソレノイドに対する回転子の磁石の運動は、準線形運動、つまりソレノイドの軸の方向の運動である。これは、回転子の磁石の運動が横方向の運動、つまりソレノイドの軸に対して直角の方向の運動である従来技術による構造とは対照的である。

30

【 0 0 2 0 】

図 4 に示されているように、2つの隣接する反発磁石 41 及び 42 の同極性極（S - S 又は N - N）間の領域では、横方向の磁界は重畳し、一方、軸方向の磁界は相殺される。その結果、磁石の S - S 極又は N - N 極の間の領域の回転子のリングに沿って導かれる（軸方向の）磁界（したがってソレノイド軸に沿った方向の磁界）は、2つの磁石間では小さい変動を示すことが分かる。横方向の磁界は、磁石とソレノイドの間の機械的な引張り／反発に寄与するが（ローレンツの力の法則によって）、この磁界は、ソレノイドを介した磁束には寄与しない。ソレノイドの軸に沿って導かれる（軸方向の）磁界成分は、ソレノイドを介した磁束に寄与する磁界成分である。しかしながら回転子の磁石は、ソレノイド軸に対して共線の方法に移動し、共線の方法（軸方向の）磁界成分は、2つの反発する磁石間の領域 43 では小さい変動を示す。したがって任意の 2つの磁石の間に置かれている任意の回転子セクションのソレノイド磁心を介して変移している間は、磁束の変化は小さく、その結果、前記変位移の間に生成される逆 EMF は小さいことになる。したがってソレノイドに適切なタイミング・シーケンスで電力が供給されると、DC 供給電圧に逆らう逆 EMF 効果を小さくすることができる。

40

【 0 0 2 1 】

以下、本発明について、好ましい実施例を参照して詳細に説明する。以下の説明から明らかになるように、図に示されている実施例は、多くの可能な代替システムのうちの 1つにすぎず、また、その簡潔さの観点から、以下の説明のために選択されたものであり

50

、本発明は、前記実施例に何ら限定されないことを理解されたい。

【0022】

図5を参照すると、本発明の一実施例による円形回転ブラシレスDC電動機のために適した回転子構造が概略的に示されている。回転子は、例えば鉄であってもよい高透磁率材料52によって分離された複数の永久磁石51からなっている(図の実例では、それらのうちの5個が示されている)。図に示されているように、磁石51は、2個毎に、高度に透過性の材料でできたセグメント52によって分離されており、また、すべての磁石及び分離セグメントは、相俟ってリング様構造を形成している。上で説明したように、永久磁石は、円形経路に沿ってそれらの間に一定の距離で位置決めし、且つ、空気によってそれらを分離することも可能である。さらに、磁石は、場合によってはそれらの間をまったく同じ距離を隔てて位置決めすることが簡便であるが、磁石が配置される円周上に、それらを非対称の分布で採用することも可能である。

10

【0023】

次に図6を参照すると、本発明のこの特定の実施例による電動機の概略図が、その組み立てられた動作状態で示されている。この図に示されている電動機の様々な構造要素の詳細については、図7~14を参照してさらに説明する。図から分かるように、回転子61は、複数のソレノイド・アセンブリ62の内側を回転する。電動機によって生成される動力は、この特定の実施例によれば歯車63を使用して伝達される。回転子のモーメントは軸受64によって支えられ、この軸受64には、任意の適切なタイプの軸受であってよい。この図の特定の実施例では、アセンブリは、ベース65の上に位置決めされている。また、図には、歯付きリング101が同じく示されており、これについては、図10を参照してさらに議論する。

20

【0024】

図7は、図6の電動機の上面図であって、同じ要素を示しており、また、図8は、同じ電動機の側面図である。図9は、回転子61の上に位置決めされる上部リング91を示したもので、軸受64とのその構造的な関係を示している。図10は、回転子61に結合されるリング・アセンブリを示したものである。この図に示されている本発明の特定の実施例によれば、いくつかのリングが回転子61に結合される。図9を参照して既に説明した上部リング91は、回転子61の上に位置決めされ、また、回転子底部リング100は回転子の下方に位置決めされ、その上に回転子が置かれる。リング100の下方で、歯付きリング101と図6の歯車63が噛み合って協同する。底部リング102は、図6のベース65と歯付きリング101の間を分離するために使用される。図10に示されているリングのアセンブリは、一体に接続され、したがってすべてのリングが一体で回転して歯車63に動力が伝達される。

30

【0025】

図11は、その前の図の参照番号と同じ参照番号を使用して図6の電動機の分解図を示したものである。図14を参照してさらに議論するように、好都合には、ソレノイド・ハウジング62は、組立てを可能にするために2つの部分でできている。

【0026】

図12は、図6の電動機をさらに示したもので、図12(a)は、その中央部分を示したものである。図には2つの横断面図がさらに示されており、断面図A-Aは水平方向の横断面であり(図12(b))、断面図B-Bは垂直方向の横断面である。図13は、リング100上の永久磁石51の位置決めを示したものである。図13(b)は、D-D平面に沿って取った図13(a)のリング100の横断面図であり、所定の位置における磁石51が示されている。本発明のこの特定の実施例によれば、永久磁石51の下部突起131は、その雌側の片割れ、つまり下部リング100の溝132と嵌合し、一方、永久磁石51の上部突起133は、上部リング91の同様の溝と嵌合する(図には示されていない)。図13(c)は、リング100の溝に配置されつつある磁石51を示したものであり、また、図13(d)は、図13(b)に示されているように既に所定の位置に位置しているこのような磁石の1つの斜視図である。追加磁石並びにそれらを分離する高透磁率

40

50

材料（図５の５２）も同様に配置され、また、すべての要素が置かれ、且つ、リング９１及び１００が所定の位置に置かれると、回転子アセンブリは、いつでも歯付きリング１０１の上に位置決めすることができる。

【００２７】

図１４は、様々な要素及びそれらのアセンブリをさらに示したものであり、これらの様々な部品は、その前の図の数表示と同じ数表示で識別されている。ここで図３及び６を参照して、ソレノイド・ハウジング６２は、それらの周りにコイルを備えることになり、そのコイルはＤＣ電源に接続されることになることを理解されたい。

【００２８】

次に図１５を参照すると、ベース（図示せず）の上に固定され、且つ、鉄などの高透磁率材料１５２がその両側に配置される磁石１５１からなる複数の構造を備えた代替回転子構造が示されている。矢印１５３で示されている間隙が、それぞれこのような２つの構造の間に残される。

10

【００２９】

図１６（ａ）は、システムのＥＭＦを最小化する、ソレノイド内の磁石の位置を示す略横断面図である。図には２つのソレノイド１６１及び１６２が示されており、南極１６３及び１６４は、ソレノイドの外側に位置決めされている。この状況では、図１６（ｂ）に示されているようにＥＭＦを理想的にゼロにまで到達することができる。

【００３０】

当業者には理解されるように、本発明の特定の一実施例についての上記説明は、平易な用語で本発明を説明するために書かれているが、本発明を制限することは何ら意図されていない。本発明の電動機には多くの修正を加えることができる。例えば回転子中の永久磁石の数を多くし、或いは少なくすることができ、電動機によって生成される動力を伝達するために多くの異なる機械的構造を設けることができ、また、上で説明した特定の実例実施例で示されている歯車は、多くの代替構造のうちの１つにすぎない。さらに、コントローラ、ソフトウェア及びセンサを始めとする、電動機の動作を制御するための多くの異なる方法及びスキームを工夫することも可能であり、これらはすべて当業者の範囲内であり、したがって簡潔にするために上では説明されていない。

20

【図 1】

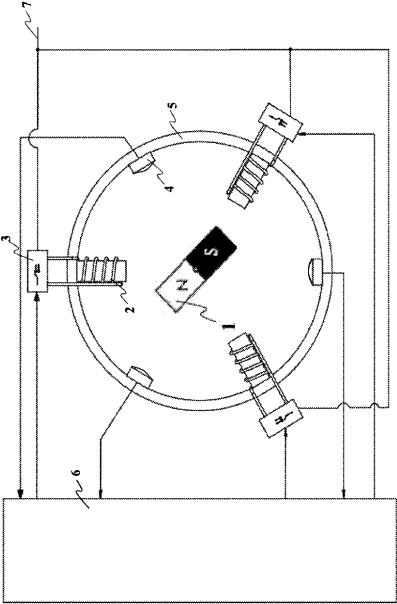


Fig. 1
(Prior Art)

【図 2 A】

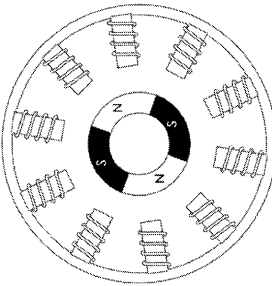


Fig. 2A
(Prior Art)

【図 2 B】

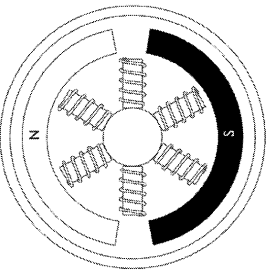


Fig. 2B
(Prior Art)

【図 3】

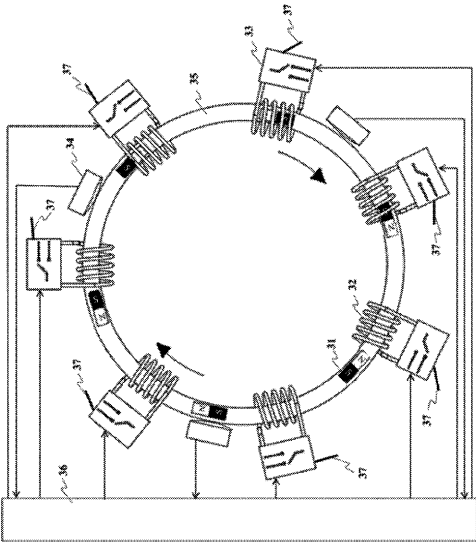


Fig. 3

【図 4】

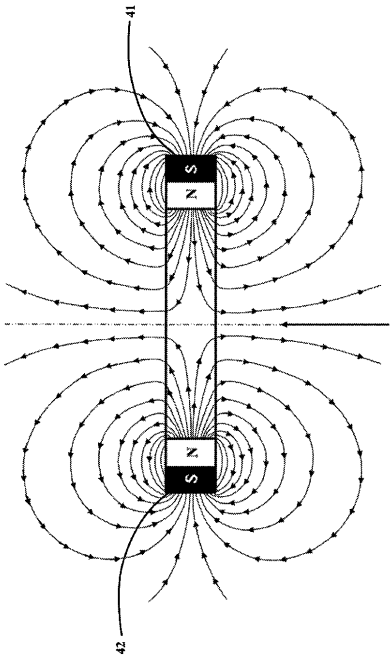


Fig. 4

【図 5】

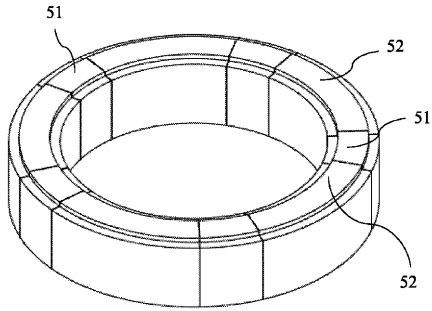


Fig. 5

【図 6】

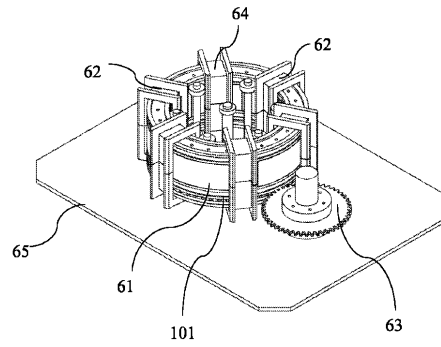


Fig. 6

【図 7】

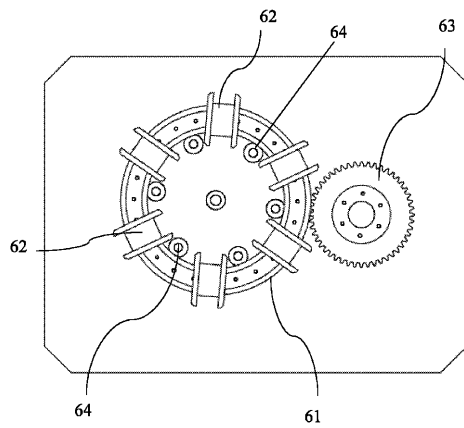


Fig. 7

【図 9】

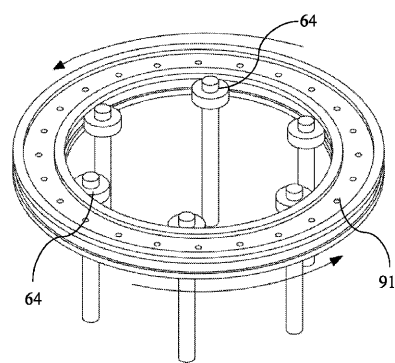


Fig. 9

【図 8】

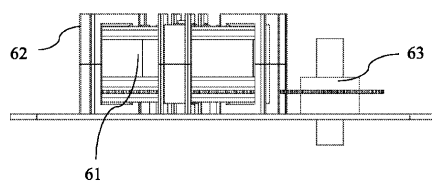


Fig. 8

【 図 1 0 】

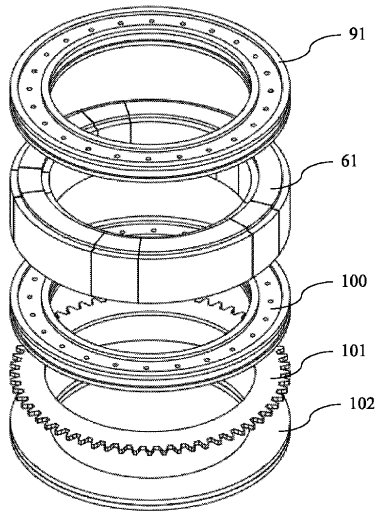


Fig. 10

【 図 1 1 】

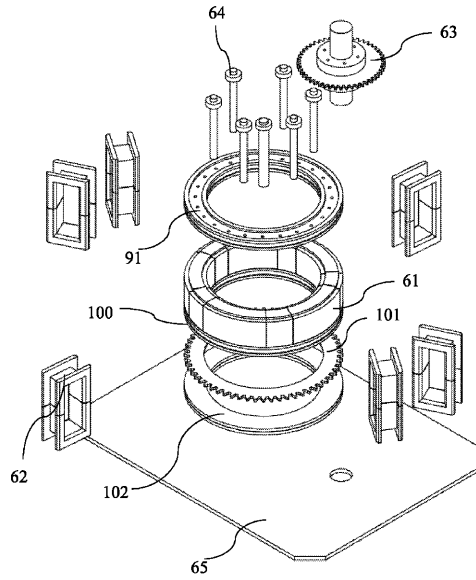


Fig. 11

【図 1 2 (a)】

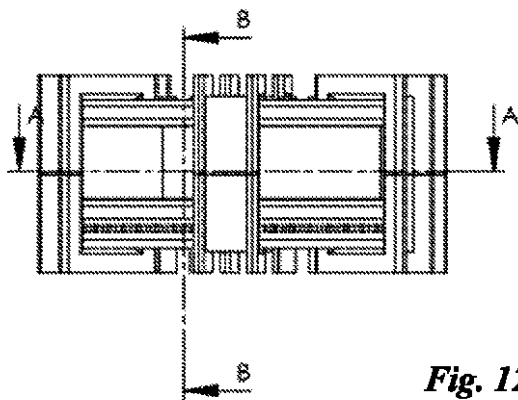
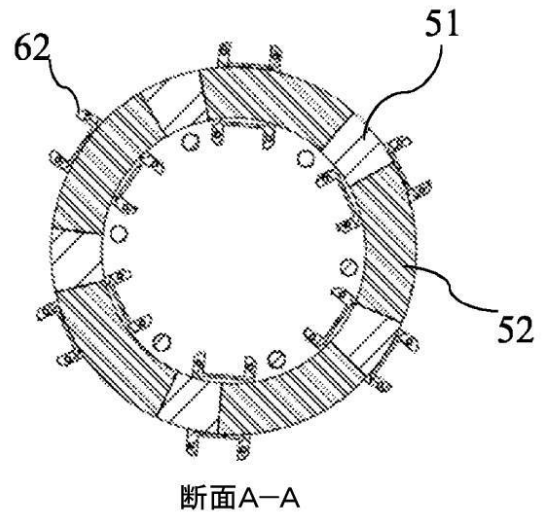


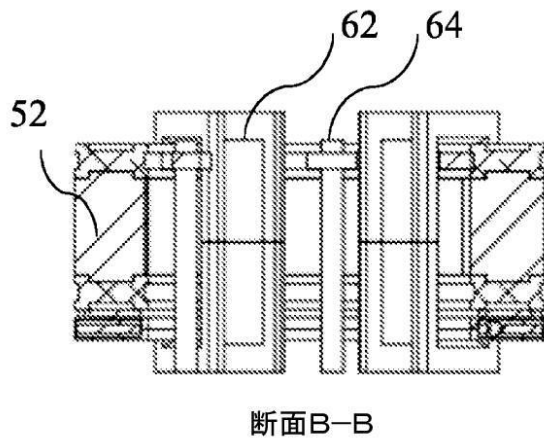
Fig. 12(a)

【 図 1 2 (b) 】

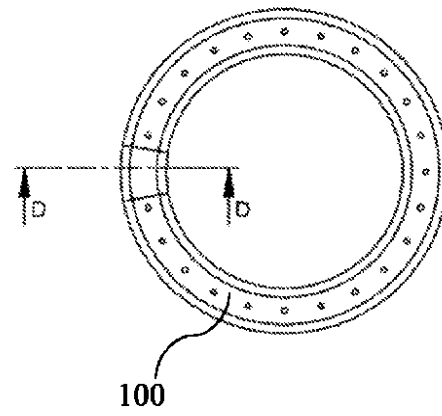


断面A—A

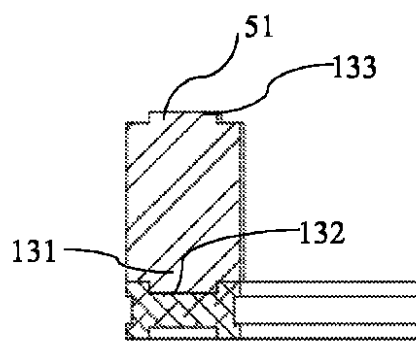
【図 12 (c)】



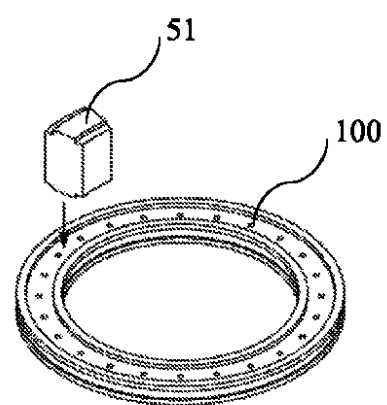
【図 13 (a)】

*Fig. 13(a)*

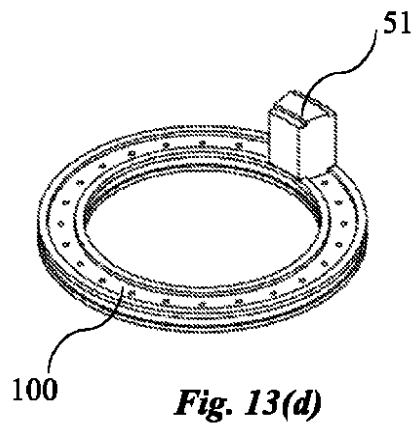
【図 13 (b)】

*Fig. 13(b)*

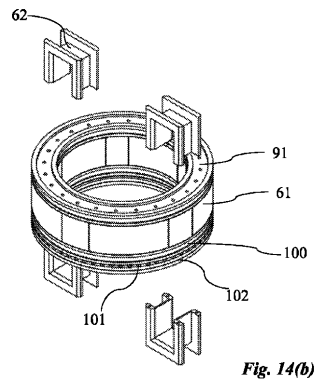
【図 13 (c)】

*Fig. 13(c)*

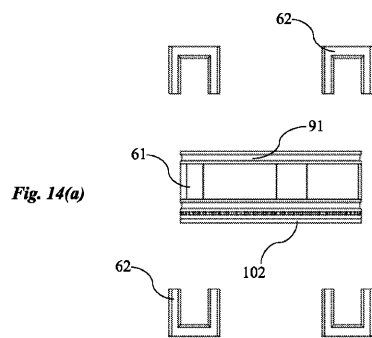
【図 13 (d) 】



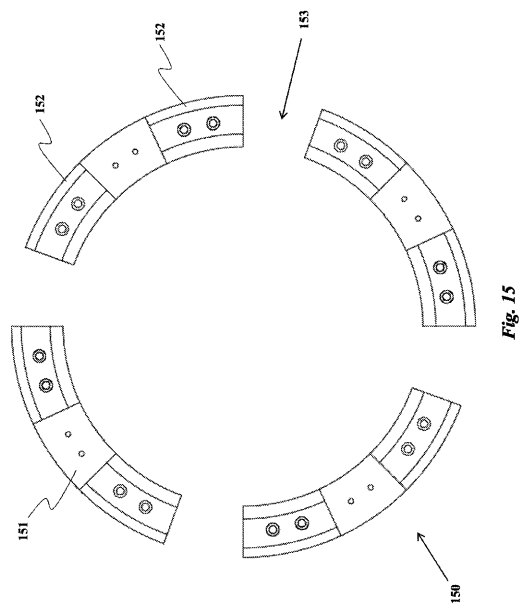
【図 14 (b) 】



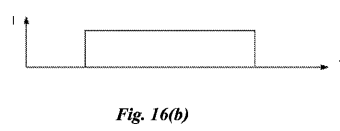
【図 14 (a) 】



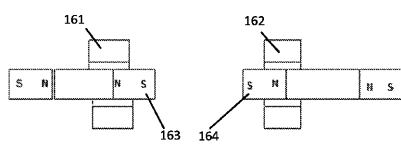
【図 15 】



【図 16 (b) 】



【図 16 (a) 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 2 P 6/16

(72)発明者 ザトサリニン、セルゲイ
ロシア国、オムスク、50 レット プロフソウゾフ ストリート 128/81

(72)発明者 ショイケードプロッド、シメン
イスラエル国、アシュケロン、ブネイ アキヴァ ストリート 3/13

審査官 森山 拓哉

(56)参考文献 特開2009-081982(JP,A)
特開平09-182408(JP,A)
特開2000-308324(JP,A)
米国特許第06252317(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 2 K 41/03
H 0 2 K 1/27
H 0 2 K 7/116
H 0 2 P 6/16